



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08192347 A**

(43) Date of publication of application: 30.07.96

(51) Int. Cl. **B24B 13/00**
G02B 3/00
G02B 6/10
G02B 6/18
// B24B 9/14

(21) Application number: **07005238**(22) Date of filing: **17.01.95**(71) Applicant: **KONICA CORP**

(72) Inventor: **KATO TAKAYUKI**
HONDA SATORU
ISHIZAKA SATORU

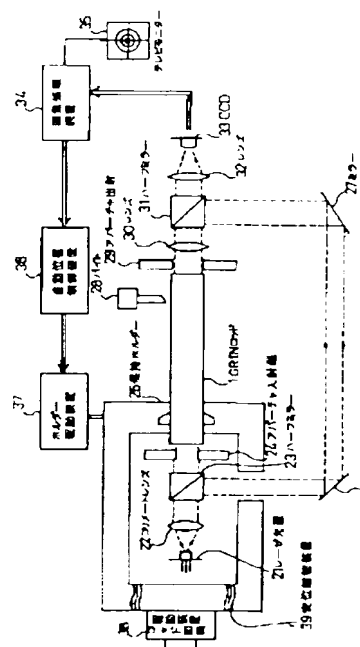
(54) MANUFACTURE OF PLASTIC GRIN LENS

(57) Abstract:

PURPOSE: To carry out spherical processing in a short time with its yield made high by determining an optical center based on the outer diameter of a refraction factor distribution type plastic rod having a refraction factor distribution vertically with respect to the optical axis direction, cutting its end face, and forming it into a spherical surface shape.

CONSTITUTION: The optical center of a GRIN rod 1 is made to coincide with a mechanical center axis by allowing an automatic position control means 36 and a holder drive means 27 to drive a holder 25 in such a way the center of the outer diameter of the GRIN (refraction factor distribution type) rod 1 indicated over a television monitor 35 coincide with the center of a streak pattern generated by interference. Under this condition, the GRIN rod 1 is rotated by a rod rotating drive means 38, and a rod side surface is thereby cut by a bite 28. Subsequently, a spherical lens cut out of the rod is set in a side way motion polishing machine, and it is polished so as to be formed into a spherical surface plastic radial GRIN lens both end surfaces of which are mirrors

COPYRIGHT (C)1996,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-192347

(43) 公開日 平成8年(1996)7月30日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 4 B 13/00	A			
G 0 2 B 3/00	B			
6/10	D			
6/18				
// B 2 4 B 9/14				

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願平7-5238

(22) 出願日 平成7年(1995)1月17日

(71) 出願人 000001270

コニカ株式会社

東京都新宿区西新宿1丁目26番2号

(72) 発明者 加藤 孝行

東京都日野市さくら町1番地 コニカ株式会社内

(72) 発明者 本田 哲

東京都日野市さくら町1番地 コニカ株式会社内

(72) 発明者 石坂 哲

東京都日野市さくら町1番地 コニカ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 井島 藤治 (外1名)

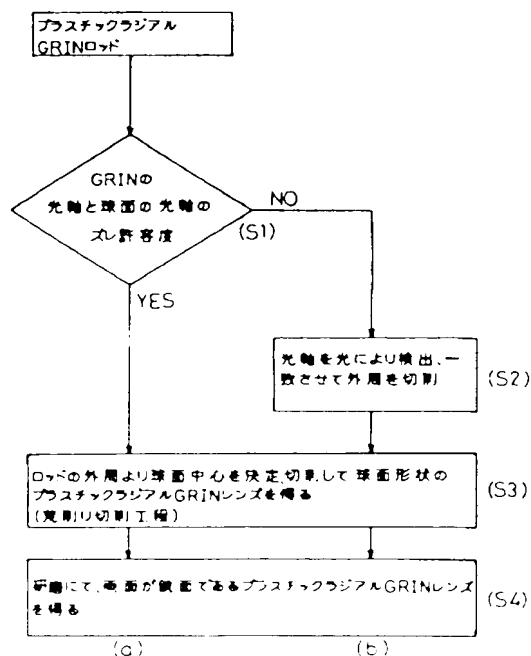
(54) 【発明の名称】 プラスチックGRINレンズ製造方法

(57) 【要約】

【目的】 プラスチックラジアルGRINレンズを球面加工するために、短時間に、歩留まり良く曲面加工を行えるようなプラスチックGRINレンズ製造方法を実現する。

【構成】 プラスチックラジアルGRINロッドの外径から光学中心を決定し端面を切削して球面形状を形成する工程と、上記プラスチックラジアルGRINロッドの球面を鏡面化するための研磨を行う工程と、を有することを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法。

球面プラスチックラジアルGRINレンズ製造方法



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 光軸方向に対して垂直に屈折率分布を有する屈折率分布型プラスチックレンズ（プラスチックGRINレンズ）の製造方法であって、

光軸方向に対して垂直に屈折率分布を有する屈折率分布型プラスチックロッド（プラスチックラジアルGRINロッド）の外径から光学中心を決定し端面を切削して球面形状を形成する工程と、

上記プラスチックラジアルGRINロッドの球面を鏡面化するための研磨を行う工程と、

を有することを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法。

【請求項2】 プラスチックラジアルGRINロッドに光を入射して光学中心（光軸）を検出し、該光軸を基準として外周を切削し、光軸中心と外径からの中心をほぼ一定にする工程と、

プラスチックラジアルGRINロッドの外径から光学中心を決定し端面を切削して球面形状を形成する工程と、

上記プラスチックラジアルGRINロッドの球面を鏡面化するための研磨を行う工程と、

を有することを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法。

【請求項3】 プラスチックラジアルGRINロッドの外径から光学中心を決定し端面を切削して非球面形状を形成する第1切削工程と、

上記プラスチックラジアルGRINロッドの非球面を鏡面化するための切削を行う第2切削工程と、

を有することを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法。

【請求項4】 切削により形成される非球面の表面粗さが $5\mu\text{m}$ 以下となるような第1切削工程と、

切削により形成される表面粗さが $0.05\mu\text{m}$ 以下となるような第2切削工程とを有することを特徴とする請求項3記載のプラスチックGRINレンズ製造方法。

【請求項5】 プラスチックラジアルGRINロッドに光を入射して光学中心（光軸）を検出し、該光軸を基準として外周を切削し、光軸中心と外径からの中心をほぼ一定にする工程と、

プラスチックラジアルGRINロッドの外径から光学中心を決定して端面を切削し、非球面形状を形成する第1切削工程と、

上記プラスチックラジアルGRINロッドの非球面を鏡面化するための切削を行う第2切削工程と、

を有することを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法。

【請求項6】 プラスチックラジアルGRINロッドに光を入射して光学中心（光軸）を検出し、該光軸を基準として、プラスチックラジアルGRINロッドの外周の長手方向に印を入れる工程と、

上記印から光軸を決定し、非球面作製時の機械的中心と

2

ほぼ一致させ、非球面形状を形成する第1切削工程と、上記プラスチックラジアルGRINロッドの非球面を鏡面化するための切削を行う第2切削工程と、

を有することを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明はカメラ、光ディスク、内視鏡、光通信用レンズなど結像光学系に用いられる曲面（球面、非球面）を有したプラスチックGRINレンズの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、プラスチックによる屈折率分布型レンズ（以下プラスチックGRINレンズ）の開発が試みられている。このようにプラスチックを用いた場合、材料の選択に制限があるが、例えば『応用物理』第54巻第2号123-129(1985)に示されているように、大口径・低コスト化・小型軽量において有利である。

【0003】 さらに、光学設計の見地から、特開昭60-140307号公報には、光軸方向に対して垂直に屈折率分布を有するGRINレンズ（以下ラジアルGRINレンズ）の物界側を凹なる面に形成することにより、作動距離を長くできることが提案されている。また、ラジアルGRINレンズの端面を曲面化することにより光ビーム変換や収差補正が可能となることが特開昭54-021751号公報に示されている。

【0004】 このように、GRINレンズの端面を曲面化することにより、単レンズで複合レンズと同じ効果が得られると考えられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 現状において、プラスチックラジアルGRINレンズ端面を曲面化することは光学的に非常に有効であることが示されているものの、その作製方法については特開昭60-175009号公報で示されているように研磨加工で行う方法が提案されているにすぎない。

【0006】 しかしながら、このような研磨加工による方法では、プラスチックラジアルGRINロッド（両端が平板）の端面を研磨加工するために膨大な時間と労力を必要とする問題がある。そして、研磨初期におけるプラスチックラジアルGRINロッドの縁の部分に研磨負荷がかかりやすいため、欠損が生じることになり、歩留まりが著しく悪くなる問題を有している。さらに、研磨加工であるために、端面を球面化することは可能であるが、光学的に有効な非球面（放物線や双曲線など）を形成することは難しい。

【0007】 特にこの研磨加工による方法で大きな課題となる点は、プラスチックラジアルGRINレンズの特徴である屈折率分布中心と曲面の形状の中心を一致させる手段が示されていない点である。上記中心の一致は非常に

3

重要な問題であり、この中心一致がなされていない場合は結像画像に歪みにが生じ、実質上レンズとしての機能をもたない場合がある。

【0008】本発明の第1の目的はプラスチックラジアルGRINレンズを球面加工するために、短時間に、歩留まり良く球面加工を行えるようなプラスチックGRINレンズ製造方法を実現することである。

【0009】また、本発明の第2の目的は、従来加工が難しかった非球面加工が可能なプラスチックGRINレンズ製造方法を実現することである。さらに、本発明の第3の目的は、プラスチックラジアルGRINレンズ特有の光軸一致が容易に行なえるプラスチックGRINレンズ製造方法を実現することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】本件出願の発明者は、従来提案されていたプラスチックGRINレンズ製造方法における各種の問題点を改良すべく鋭意研究を行った結果、プラスチックラジアルGRINロッドから低コストでかつ量産性に適した曲面形状を有したプラスチックラジアルGRINレンズの製造方法を見出して本発明を完成させたものである。

【0011】すなわち、課題を解決する手段である本発明及びその好ましい範囲は以下の(1)～(6)に説明するようなものである。上記第1の目的を達成する手段としては、光学的設計要因となるところのラジアルGRINロッドの屈折率分布中心(以下GRINの光軸)と曲面の形状的中心(以下曲面の光軸)のズレの許容値が大きく、調整を必要としない場合は、以下の(1)に示す手段がある。

【0012】(1)プラスチックラジアルGRINロッドの外径から光学中心を決定し端面を切削して球面形状を形成する工程と、上記プラスチックラジアルGRINロッドの球面を鏡面化するための研磨を行う工程と、を有することを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法である。

【0013】GRINの光軸と曲面の光軸のズレの許容値が小さく、調整が必要な場合に第3の目的を達成する手段としては、以下の(2)に示す手段がある。

(2)プラスチックラジアルGRINロッドに光を入射して光学中心(光軸)を検出し、該光軸を基準として外周を切削し、光軸中心と外径からの中心をほぼ一定にする工程と、プラスチックラジアルGRINロッドの外径から光学中心を決定し端面を切削して球面形状を形成する工程と、上記プラスチックラジアルGRINロッドの球面を鏡面化するための研磨を行う工程と、を有することを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法である。

【0014】上記第2の目的を達成する手段として、GRINの光軸と曲面の光軸のズレの許容値が大きく、調整を必要としない場合は、以下の(3)及び(4)に示す手段がある。

4

【0015】(3)プラスチックラジアルGRINロッドの外径から光学中心を決定し端面を切削して非球面形状を形成する第1切削工程と、上記プラスチックラジアルGRINロッドの非球面を鏡面化するための切削を行う第2切削工程と、を有することを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法である。

【0016】このように切削を2段階で進める場合、図3に示すように基本的な形状を形成する第1の表面粗さと鏡面を形成する第2の表面粗さには密接な関係があることを、本件出願の発明者は新たに発見した。

【0017】この図3に示す関係より、K、L、O、Pが加工時間も短くて済むと共に、投影解像力に優れていることが読み取れる。

(1)すなわち、第1次切削により得られる非球面の表面粗さが $5\mu\text{m}$ 以下であり、第2次切削により得られる非球面の表面粗さが $0.05\mu\text{m}$ 以下であることを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法により、光学的に満足した低コストでかつ量産性に優れた曲面形状を有した曲面屈折率分布型プラスチックレンズが得られることがわかった。

【0018】そして、GRINの光軸と曲面の光軸のズレの許容値が小さく、調整が必要な場合に第3の目的を達成する手段として、以下の(5)及び(6)に示す手段がある。

【0019】(5)プラスチックラジアルGRINロッドに光を入射して光学中心(光軸)を検出し、該光軸を基準として外周を切削し、光軸中心と外径からの中心をほぼ一定にする工程と、プラスチックラジアルGRINロッドの外径から光学中心を決定して端面を切削し、非球面形状を形成する第1切削工程と、上記プラスチックラジアルGRINロッドの非球面を鏡面化するための切削を行う第2切削工程と、を有することを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法である。

【0020】そして、上記の(5)の製造方法の工程を簡略化した方法として、以下の(6)に示す手段がある。

(6)プラスチックラジアルGRINロッドに光を入射して光学中心(光軸)を検出し、該光軸を基準として、プラスチックラジアルGRINロッドの外周の長手方向に印を入れる工程と、上記印から光軸を決定し、非球面作製時の機械的中心とほぼ一致させ、非球面形状を形成する第1切削工程と、上記プラスチックラジアルGRINロッドの非球面を鏡面化するための切削を行う第2切削工程と、を有することを特徴とするプラスチックGRINレンズ製造方法である。

【0021】尚、この場合の印としては、切削傷による印、光反射インクや金属含有インクの塗布若しくは印刷による印のようなものを用いることができる。そして、この印を形状変位や反射光や磁気的変化などにより読み取ることが可能である。さらに、このようにして読み取

5

った印から印とプラスチックラジアルGRINロッドの光軸の位置関係(検出時に記憶)より、光軸を決定することが可能である。

【0022】最も容易な手段としては、この位置決め用の印と光学中心との位置関係を記憶し、第1切削工程(GRINロッドから曲面形状を形成する工程)時に、一般的に用いられる精密NC旋盤上の所定の位置に該印を一致させて設置し、該位置関係よりGRINロッドを相対的に移動し、機械的中心とロッドの光軸とを一致させることが可能である。

【0023】

【作用】本発明の示すところのプラスチックラジアルGRINロッドの作製方法については例えば『光学』第10巻第2号96-110(1981)に示されているように、種々の手段により作製することが可能である。例えば、2段階共重合法や反応性比法などを用いることが可能である。

【0024】作製されたプラスチックラジアルGRINロッドは図1の球面プラスチックラジアルGRINレンズ製造方法のフローチャート及び図2の非球面プラスチックラジアルGRINレンズ製造方法のフローチャートに示したように、『荒削り切削工程』(図1S3、図2S4及び図2S5)を必ず経る。このとき、外径と長さの関係はプラ-

プラスチックラジアルGRINロッドの比切削抵抗 $\leq 1(\text{kg/mm}^2)$ (2)

さらに、このような特性は本実験を行わなくとも簡易的にプラスチックラジアルGRINレンズを構成する材料に少なくとも熱硬化性樹脂が存在していれば上記事項を満足する場合が多いことがわかった。

【0028】この場合の具体的材料として、1分子中に2個以上の重合性不飽和基を有する化合物が好ましく、例えば、ジアリルエステルとしてシアリルフタレート、ジアリルイソフタレート、ジアリルテレフタレート、ジエチレングリコールビス、アリルカーボネイトなどがあり、また、不飽和酸アリルエステルとしてメタクリル酸アリル、アクリル酸アリル、ビニルエステルとしてフタル酸ジビニル、イソフタル酸ジビニル、テレフタル酸ジビニルなどが上げられるがこれらに限定されることなく、網状重合体を生成するものであれば良い。また、上記以外の材料としては、メタクリル樹脂、4-メチルペンテン-1なども満足する。

【0029】このときに使用する切削装置としては、例えば、超精密NC旋盤がある。本発明において、GRINの光軸と曲面の光軸のズレの許容度が小さく、調整が必要な場合は、プラスチックラジアルGRINロッドの端面を鏡面化した後、図5に示したように、保持ホルダー16にGRINロッド1を固定して真円度の高いアパーチャ(アパーチャ入射端及びアパーチャ出射端)をロッド端面にセットして入射光を遮断する。入射側に十字線チャートなどをセットしコリメートレンズ10にて平行光とし、GRINロッド1に入射し、他端から基準チャート10上での十字線の位置が中心になるように、画像処理装置10

6

* スチックラジアルGRINロッドの材質により一概には決定できないが、時間と半留まりの関係より、長さ ≤ 10 ・外径 ≤ 1 (1)を満たすことが望ましい。

【0025】また、上述の荒削り切削工程で用いる切削装置としては、例えば、精密NC旋盤がある。さらに、『鏡面化を行う切削工程』(図2S6)を経る場合は、材料の特性により著しい切削性の差が存在することが判明した。従って本発明では以下の(2)式を満足する必要がある。そこで本件出願の発明者らは種々検討を重ねた結果、この著しい切削性の差は比切削抵抗によるものであることを解明し、以下に述べるような最適な製造方法を発明したのである。

【0026】このような比切削抵抗が存在する場合、切削速度を 100mm/min 、切り込み深さ $50\mu\text{m}$ の条件下での切削抵抗と鏡面化するための切削した工程での鏡面度合いの関係は、図3に示すごとく、 $10 \sim 15\text{kg/mm}^2$ の間で著しい効果があることが判明した。そして、少なくとも以下の条件式を満足した場合に良好な鏡面が得られることが判明した。

【0027】

※14、制御装置16及びホルダー駆動装置17が保持ホルダー16を介してGRINロッド1のみを移動させる。尚、GRINロッド1を除く全ての光学系は本装置の機械的中心軸に一致している。

【0030】GRINロッド1の中心軸の調整後、ロッド側面をバイト7により切削する。尚、この図5に示した装置は光軸調整装置と切削装置(NC旋盤等)を一体化したものを例にして示している。

【0031】また、ロッド長手方向に2本の直線のような位置決めのための印を入れても良い。この印としては、各種のものが考えられるが、切削傷のようなものを用いる。さらに、GRINロッド1に印を付け、かつ、この印と光学中心との位置を制御装置16等に記憶しておき、他の切削装置(NC旋盤等)上の所定の位置にGRINロッド1を設置し、該位置関係よりGRINロッド1を相対的に移動し、機械的中心とGRINロッド1光軸を一致させた後に外周部を切削しても良い。

【0032】本工程を経る場合、GRINロッド1の屈折率分布が円分布である場合、ロッド長はGRINレンズで一般に用いられているものの周期において、1周期以下が望ましい。1周期以上の場合にはロッド側面における反射により十字線チャート像がひびくからである。

【0033】GRINロッド1の屈折率分布が円分布である場合、または円分布でロッド長を1周期より長くしたい場合は、図4に示したような装置を用いることが好ましい。この図4には光軸調整装置と切削装置とを一体化させた装置を例にして示している。

7

【0034】この図6に示した装置では入射光としてレーザ光源21からのレーザ光を用い、ハーフミラー23で光を分離する。そして、GRINロッド1に入射する光と入射しない光（ミラー26及びミラー27を経由する光）をハーフミラー31で干渉させて、その光をCCD33などの撮像素子で受光する。

【0035】干渉によってGRINロッド1の光学的中心（屈折率分布中心）を中心にしてリング状の縞模様を描くことにより、光学的中心が明らかになり、中心位置を決定することができる。

【0036】すなわち、テレビモニター35に表示されるGRINロッド1の外形の中心と干渉により生じる縞模様の中心とが一致するように自動位置制御装置36及びホルダー駆動装置37が保持ホルダー25を駆動することで、GRINロッド1の光学的中心を機械的中心軸に一致させることができる。

【0037】このようにしてGRINロッド1の光学的中心を機械的中心軸に一致させた状態でロッド回転駆動装置38がGRINロッド1を回転させて、バイト28がロッド側面を切削する。また、GRINロッド1の長手方向に印を入れて、該印を基準として曲面を形成しても良い、さらに、GRINロッド1に印を付けた後、該印を基準として外周部を他の切削装置で切削しても良い。

【0038】

【実施例】以下に本発明の具体的な実施例を比較例と共に説明し、その効果を検証する。

<実施例1>プラスチックラジアルGRINロッドとして、中心部にジェチレングリコールビスアリルカーボネイト（PPG社製：製品名CR-39、以下CR-39と略す。）からなる材料が多く存在し、外周部にジアリルイソフタレート（ダイソー社製：製品名ダップ100モノマー、以下DAIと略す。）からなる材料が多く存在した内径12.0mmφ・長さ100mmのロッドを用いた。

【0039】このときのGRIN光軸と外周からの測定した中心のズレは干渉法による測定により0.05mmであり、ズレ許容度を十分満足した。該ロッドを球面形状を形成す*

$$\text{非球面} = A + B \times r^2 + C \times r^4 + D \times r^6 \quad (3)$$

とした時、 $A = -12.0$ 、 $B = -4.377$ 、 $C = -0.3138 \times 10^{-3}$ 、 $D = -0.16 \times 10^{-4}$ の係数にて、一面を切削した。また、中心部の厚みが3.4mmとなるようにNC旋盤を制御した後、片面は曲率 $r = 4.467$ にて同じ条件で切削した。なお、このロッドからは10個の非球面レンズが得られた。また、このときの表面粗さは $5\mu\text{m}$ であった。

【0047】該レンズを超精密NC旋盤に外径を基準としてセットし、同じ切削曲面係数を入力後、表面 $20\mu\text{m}$ のみを切削した。その結果、表面粗さ $0.05\mu\text{m}$ の鏡面の非球面プラスチックラジアルGRINレンズが得られた。このときに費やした時間は約25分であった。

【0048】<実施例4>プラスチックラジアルGRINロッドとしては中心材料がDAIであり外周材料がCR-39のロ

8

*るため、例えば精密NC旋盤等に設置しバイト送りは $50\mu\text{m}/\text{sec}$ にて、片面の曲率 r を $r = 12.0\text{mm}$ にて切削を行なった。

【0040】そして、中心部の厚みが3.6mmになるように精密NC旋盤を制御した後、反対の面の曲率 r を $r = 22.6\text{mm}$ にて同じ条件で切削をした。このときに費やした時間は約15分であった。

【0041】なお、このプラスチックラジアルGRINロッドからは図7に示すような切削条件により、連続して20個の球面レンズ（プラスチックGRINレンズ1a）が得られた。

【0042】該レンズを、横振研磨機にセットし、研磨材として、平均粒径 $3\mu\text{m}$ のアルミナを使用し研磨を行った。研磨終了後、洗浄し、両端が鏡面である球面プラスチックラジアルGRINレンズを得た。

【0043】<実施例2>プラスチックラジアルGRINロッドとしては実施例1と同じ構成であったが、ズレ $=0.5\text{mm}$ であり、ズレ許容度を満足しなかった。このGRINロッドを図9の切削装置に設置した。自動光軸調整機構により、本切削装置の機械的絶対中心軸（装置の機械的絶対中心軸はロッドの外径から測定した中心軸に一致する）に対して 0.5mm の距離を保持ホルダーのみが移動した。次に本切削装置の機械的絶対中心を中心にしてGRINロッドが回転し、バイト送り $20\mu\text{m}/\text{sec}$ にて外周の切削を開始し、ホルダー保持部を含め約10mmを残し、完了した。このときに費やした時間は約30分であった。

【0044】該ロッドの切削未完了部を切断し両端を研磨した後ズレ量を測定した結果、 0.01mm であり、本実施例の有効性が確認された。該ロッドは実施例1と同様に曲面加工後、研磨し、球面プラスチックラジアルGRINレンズを得た。

【0045】<実施例3>プラスチックラジアルGRINロッドとしては実施例1と同じであり、ズレ $=0.05\text{mm}$ であり、ズレ許容度を満足した。

【0046】このロッドを精密NC旋盤に設置し、バイト送り $50\mu\text{m}/\text{sec}$ にて、

異なるロッドを用い、他は実施例1と同じであり、ズレ $=0.5\text{mm}$ であり、ズレ許容度を満足しなかった。

【0049】このプラスチックラジアルGRINロッドを図9の切削装置に設置した。自動光軸調整機構により、本切削装置の機械的絶対中心軸に対して 0.5mm の距離を保持ホルダーのみが移動した。次に本切削装置の機械的絶対中心を中心にしてGRINロッドが回転し、バイト送り $20\mu\text{m}/\text{sec}$ にて外周の切削を開始し、ホルダー保持部を含め約10mmを残し、完了した。このときに費やした時間は約10分であった。

【0050】該ロッドの切削未完了部を切断し両端を研磨した後ズレ量を測定した結果、 0.01mm であり、本実施例の有効性が確認された。軸合わせが完了した該ロッド

9

を精密NC旋盤に設置し、バイト送り $30\mu\text{m}/\text{sec}$ にて、

非球面 $=A+B\times r^2+C\times r^4+D\times r^6$
とした時、 $A=-12.0$ 、 $B=-4.377$ 、 $C=-0.3138\times 10^{-2}$ 、 $D=-0.16\times 10^{-4}$ の係数にて、一面を切削した。そして、中心部の厚みが 3.4mm となるようにNC旋盤を制御した後、片面は曲率 $r=4.467$ にて同じ条件で切削した。なお、このロッドからは20個の非球面レンズが得られた。また、このときの表面粗さは $5\mu\text{m}$ であった。

【0051】該レンズを超精密NC旋盤に外径を基準としてセットし、同じ切削曲面係数を入力後、表面 $10\mu\text{m}$ のみを切削した。その結果、表面粗さ $0.03\mu\text{m}$ の鏡面の非球面プラスチックラジアルGRINレンズが得られた。このときに費やした時間は約65分であり、このうち外周加工に30分を必要とした。

【0052】＜実施例5＞プラスチックラジアルGRINロッドとしてのズレ量は不明であったが、構成は実施例1と同じであった。

【0053】このGRINロッドを図5の切削装置に設置した。光軸調整機構により、本切削装置の機械的絶対中心軸に対して 0.3mm のズレ量があることが判明し、外周部に切削傷をロッド長手方向に入れ印を付けた。該ロッドを外周切削旋盤に保持し、装置の機械的絶対中心に対して該ロッドを 0.3mm ずらして設置し、機械の絶対中心に対してGRINロッドを回転し、バイト送り $20\mu\text{m}/\text{sec}$ にて外周の切削を開始し、ホルダー保持部を含め約 10mm を残し、完了した。

【0054】以下は実施例3と同様にして表面粗さ $0.05\mu\text{m}$ の鏡面の非球面プラスチックラジアルGRINレンズを得た。このときに費やした時間は約65分であり、このうち外周加工に30分を必要とした。

【0055】＜実施例6＞プラスチックラジアルGRINロッドとしてはズレ量が不明であったが構成は実施例1と同じであった。このGRINロッドを図5の切削装置に設置した。光軸調整機構により、本切削装置の機械的絶対中心軸に対して 0.5mm のズレ量があることが判明した。このため、外周部に、2本の直線形状の $1\mu\text{m}$ （深さ）、

10

0.1mm （幅）程度の切削傷をロッド長手方向に入れて位置決め用の印とし、かつ、位置決め用の印と光軸との位置関係を制御装置16に記憶した。そして、この位置決め用の印を精密NC旋盤上の所定の位置に一致させて設置した。

【0056】そして、該GRINロッドを精密NC旋盤に保持し、位置決め用の印と光軸との位置関係より装置の機械的絶対中心に対して該ロッドを 0.5mm ずらして、非球面係数が、 $A=-12.0$ 、 $B=-4.377$ 、 $C=-0.3138\times 10^{-2}$ 、 $D=-0.16\times 10^{-4}$ なる値を入力して、バイト送り $30\mu\text{m}/\text{sec}$ にて、一面を切削した。そして、中心部の厚みが 3.4mm となるようにNC旋盤を制御した後、片面は曲率 $r=4.467$ にて同じ条件で切削した。このときの表面粗さは $1\mu\text{m}$ であった。

【0057】該レンズの側面の切削印より超精密NC旋盤の機械的絶対中心に対して 0.5mm ずらしてセットし、上述の実施例3と同様にして、表面粗さ $0.03\mu\text{m}$ の鏡面の非球面プラスチックラジアルGRINレンズを得た。このときに費やした時間は約50分であった。

【0058】＜比較例＞従来例で説明した公知文献によれば非球面プラスチックラジアルGRINレンズの作製方法が開示されていないので、比較例として球面プラスチックラジアルGRINレンズの場合について、以下のように行った。

【0059】実施例1の構成のプラスチックラジアルGRINロッドを厚み 4mm に切断し、曲率 $r=12.0\text{mm}$ 、他曲率 $r=22.6\text{mm}$ にて、横振研磨機にセットし、研磨材として、平均粒径 $3\mu\text{m}$ のアルミナを使用し研磨を行った。研磨終了後、洗浄し、両端が鏡面である球面プラスチックラジアルGRINレンズを得た。

【0060】このときに費やした時間は約120分であった。

＜評価結果＞以上のような各実施例及び比較例を比較、評価すると、以下の表1のようにまとめることができる。

【0061】

【表1】

各実施例と比較例における効果の比較

	歩留まり	投影解像力	加工時間(分)
実施例 1	99	○	45
実施例 2	98	○	75
実施例 3	99	◎	25
実施例 4	97	◎	35
実施例 5	98	◎	25
実施例 6	99	◎	50
比較例	25	○	120

【0062】尚、ここで、歩留まりとはレンズ100個作製するために投入したレンズ素材に対する完成した投影解像力の評価可能なレンズの数であり、投影解像力とは光源と該作製したレンズの間に基準パターンを入れ基準パターンのコントラストや歪みを目視にて判断した結果である。

【0063】この表1に示したように、本発明の各実施例によると、歩留まり及び撮影解像力共に比較例より優れた結果を得ることが出来た。また、加工時間についても、本発明の各実施例によれば、比較例と比べても短時間で済むことが確認された。

【0064】すなわち、プラスチックラジアルGRINレンズを球面加工するために、短時間に、歩留まり良く球面加工を行えるようなプラスチックGRINレンズ製造方法を実現することができた。

【0065】また、従来加工が難しかった非球面加工が可能なプラスチックGRINレンズ製造方法を実現することができた。そして、プラスチックラジアルGRINレンズ特有の光軸一致が容易に行なえるプラスチックGRINレンズ製造方法を実現することができた。

【0066】

【発明の効果】本発明によれば、プラスチックラジアルGRINレンズを球面加工するために、短時間に、歩留まり良く球面加工を行えるようなプラスチックGRINレンズ製造方法を実現することができた。

【0067】また、従来加工が難しかった非球面加工が可能なプラスチックGRINレンズ製造方法を実現することができた。そして、プラスチックラジアルGRINレンズ特有の光軸一致が容易に行なえるプラスチックGRINレンズ製造方法を実現することができた。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例の球面プラスチックラジアルGRINレンズ製造方法の手順を示すフローチャートである。

る。

【図2】本発明の一実施例の非球面プラスチックラジアルGRINレンズ製造方法の手順を示すフローチャートである。

【図3】本発明の一実施例における切削面粗さによる加工時間と投影解像力との関係を示す特性図である。

【図4】本発明の一実施例における比切削抵抗と切削面粗さとの関係を示す特性図である。

【図5】本発明の実施例で使用する自動光軸調整機構を有する切削装置の構成を示す構成図である。

【図6】本発明の実施例で使用する自動光軸調整機構を有する切削装置の他の構成を示す構成図である。

【図7】プラスチックラジアルGRINロッドを切削してプラスチックGRINレンズを生成する様子を示した説明図である。

【符号の説明】

- 1 GRINロッド
- 2 光源
- 3 十字チャート
- 4 レンズ
- 5 アパーチャ入射端
- 6 保持ホルダー

- 7 バイト
- 8 アパーチャ出射端
- 9 レンズ

- 10 基準チャート

- 11 レンズ

- 12 レンズ

- 13 CCD

- 14 画像処理装置

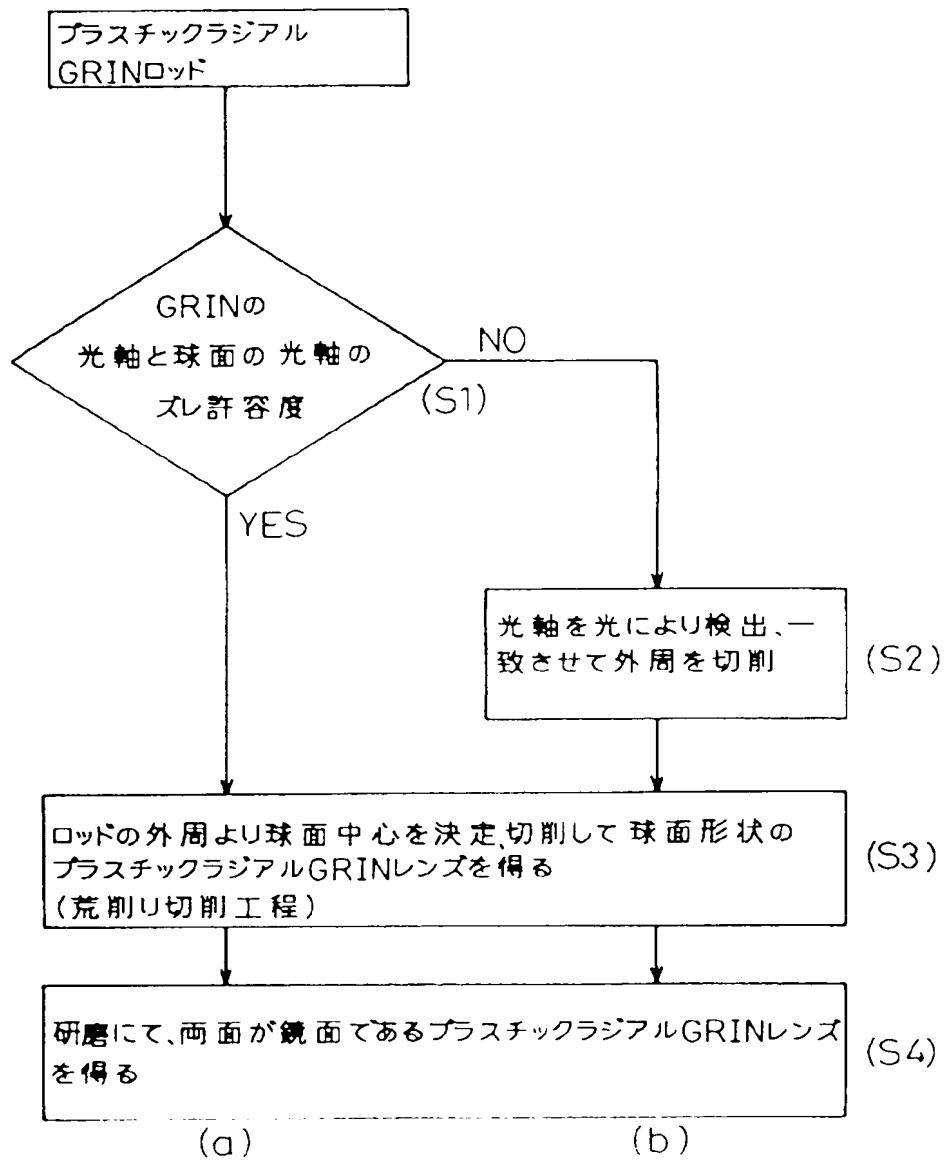
- 15 テレビモニター

- 16 制御装置

- 17 ホルダー駆動装置

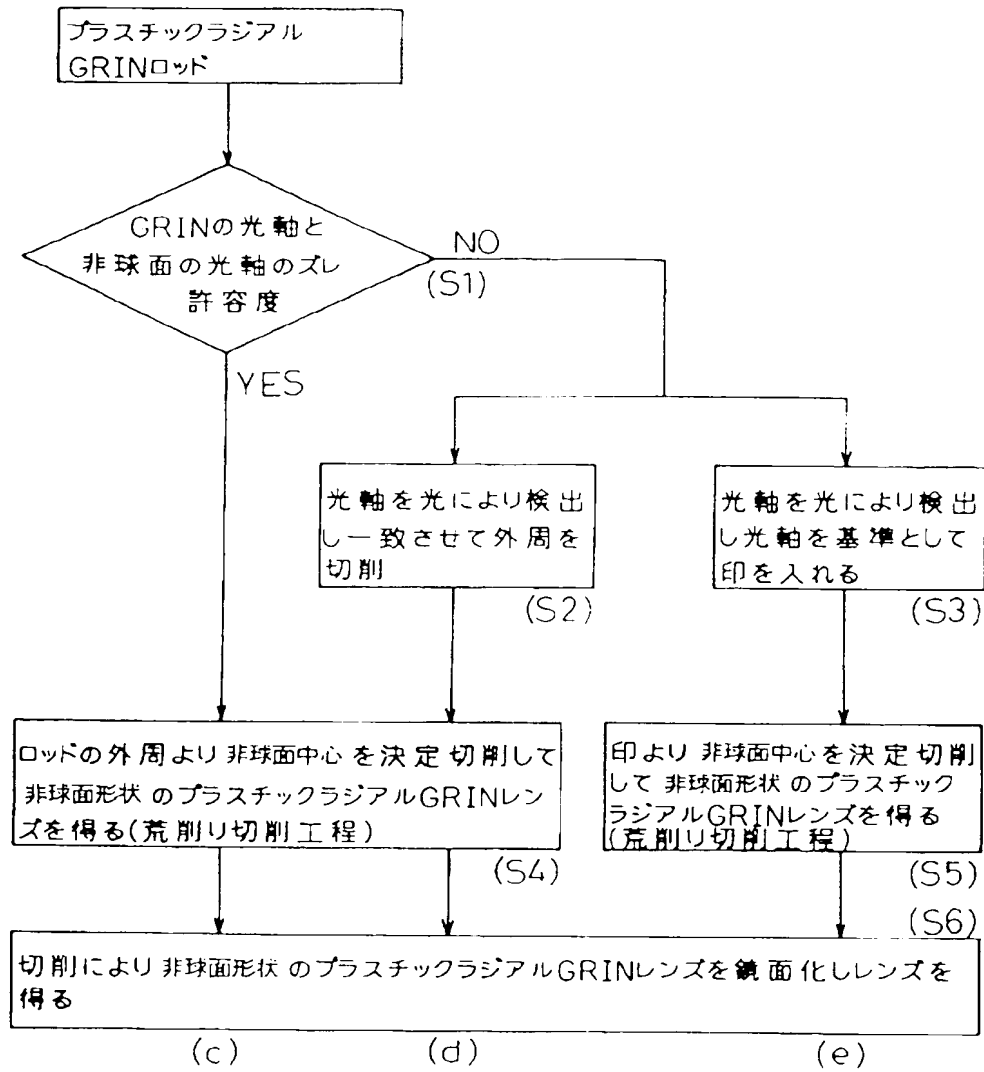
【図1】

球面プラスチックラジアルGRINレンズ製造方法

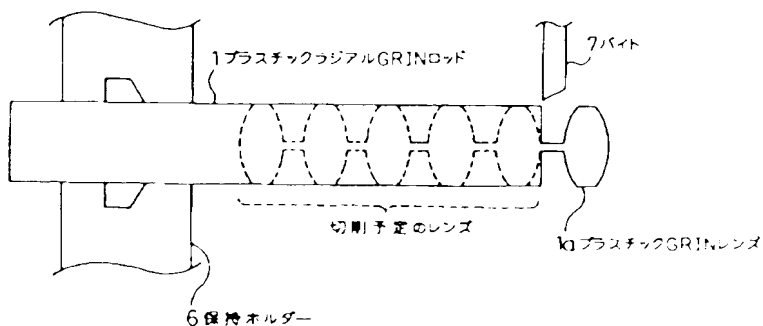


【図2】

非球面プラスチックラジアルGRINレンズ製造方法



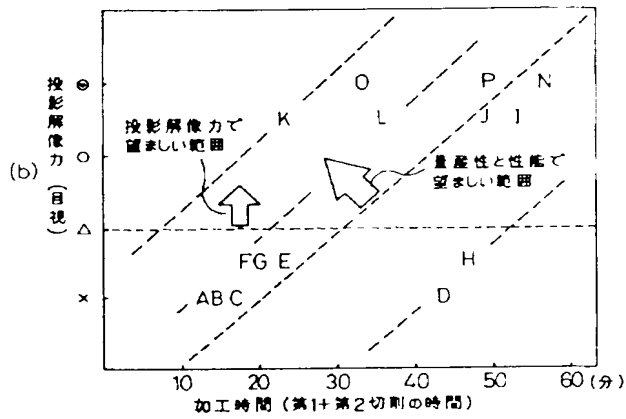
【図7】



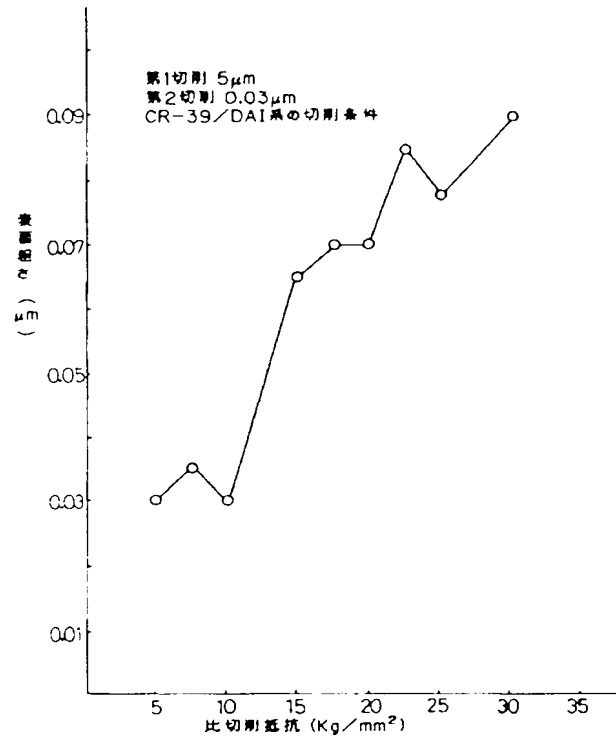
【図3】

(a)

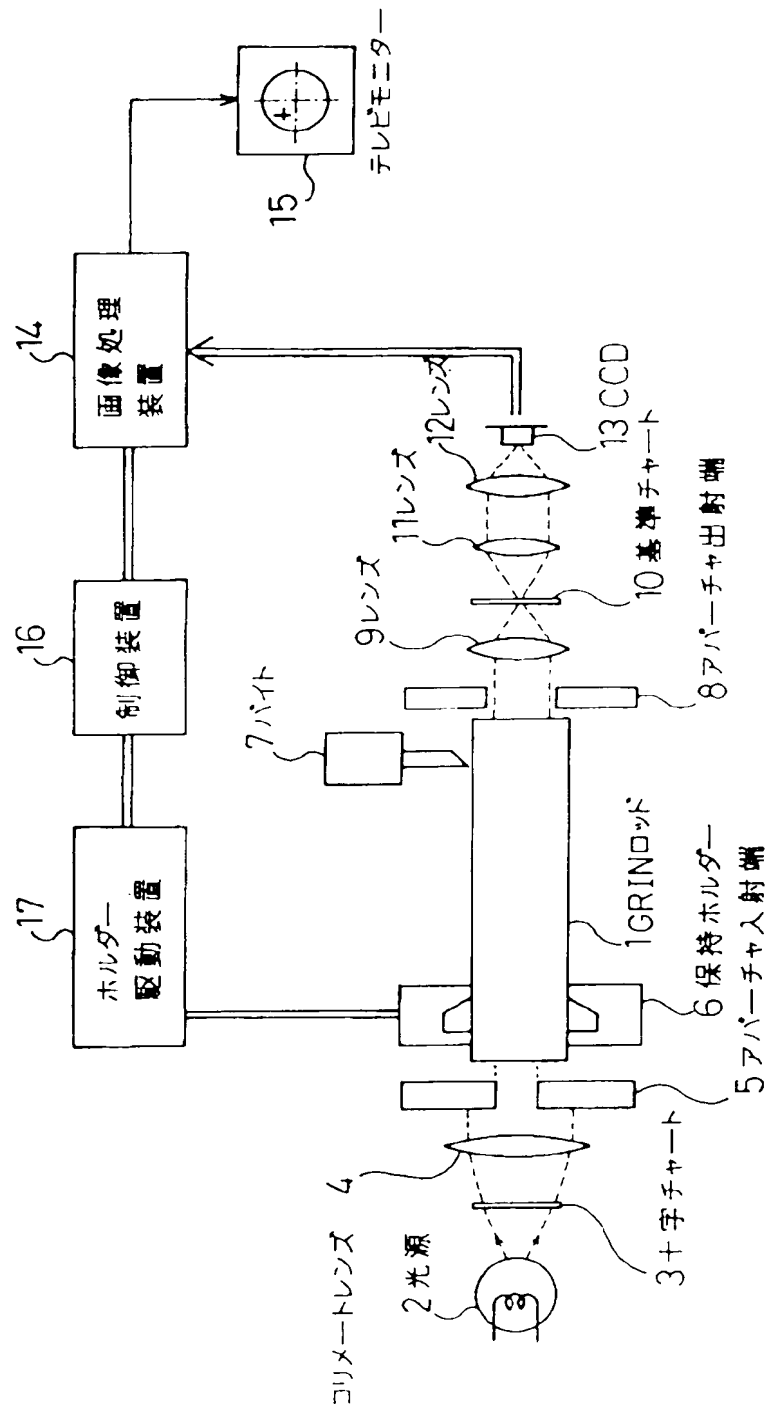
第1 第2 切削	50 μ m	10 μ m	5 μ m	1 μ m
0.1 μ m	A	B	C	D
0.07 μ m	E	F	G	H
0.05 μ m	I	J	K	L
0.03 μ m	M	N	O	P



【図4】



【図5】



34 画像処理装置

35 テレビモニター

36 自動位置制御装置

37 ホルダー駆動装置

38 駆動装置

39 変位緩衝装置

21 レーザ光源

22 コリメートレンズ

23 ハーフミラー

24 アパーチャ入射端

25 保持ホルダー

26 ミラー

27 ミラー

28 パイト

29 アパーチャ出射

30 レンズ

31 ハーフミラー

32 レンズ

33 CCD

1 GRINロッド